

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Modulasi

Modulasi merupakan suatu proses dimana parameter dari suatu gelombang divariasikan secara proposional terhadap gelombang lain. Parameter yang diubah tergantung pada besarnya modulasi yang diberikan. Proses modulasi membutuhkan dua buah sinyal pemodulasi yang berupa sinyal informasi dan sinyal pembawa (*carrier*) dimana sinyal informasi tersebut ditumpangin oleh sinyal *carrier*. Maka secara garis besar dapat diasumsikan bahwa modulasi merupakan suatu proses dimana gelombang sinyal termodulasi ditransmisikan dari *transmitter* ke receiver.

Modulasi terbagi menjadi dua bagian yaitu modulasi sinyal analog dan modulasi sinyal digital. Teknik modulasi digital dengan gelombang pembawa analog akan lebih meningkatkan kualitas *Signal to Noise Ratio* (SNR) jika dibandingkan dengan modulasi analog. Proses modulasi digital pada dasarnya hanya mengganti- ganti keadaan amplitudo, frekuensi atau fasa dari gelombang pembawa diantara dua nilai diskrit yang telah, yang masing-masing merepresentasikan salah satu dari dua simbol biner 0 dan 1. Modulasi Digital terdiri dari tiga jenis dasar yaitu Amplitudo Shift Keying (ASK), Frequency Shift Keying (FSK) dan Phase Shift Keying (PSK)[1][5].

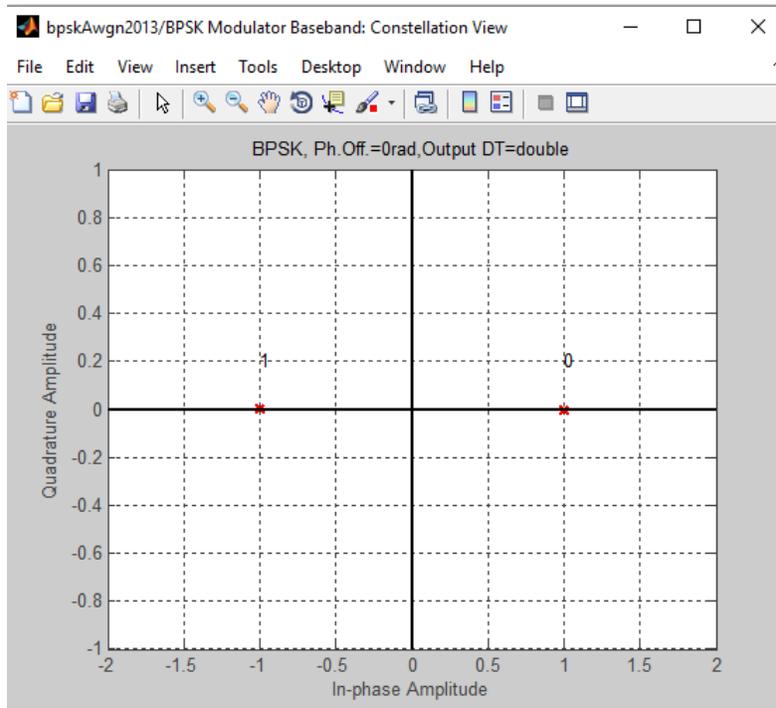
2.2 Binary Phase Shift Keying (BPSK)

Binary Phase Shift Keying atau BPSK adalah salah satu teknik modulasi sinyal dengan konversi sinyal digital “0” atau “1” menjadi suatu simbol berupa sinyal kontinu yang mempunyai dua fase yang berbeda. Untuk bit “1” mempunyai pergeseran fase 0° dan untuk bit “0” mempunyai pergeseran fase 180° . Jadi pada modulasi BPSK, informasi yang dibawa akan mengubah fase sinyal pembawa[6].

$$S_0(t) = A \sin(2\pi ft + 0^\circ) \quad \text{mewakili bit 1} \dots\dots\dots(1)$$

$$S_1(t) = A \sin(2\pi ft + 180^\circ) \quad \text{mewakili bit 0} \dots\dots\dots(2)$$

Dalam hal ini fase dari frekuensi pembawa yang satu dengan yang lain berbeda sebesar 180° , Hasil konstelasi sinyal modulasi BPSK mempunyai titik fasa seperti Gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2.1 Diagram konstelasi sinyal modulasi BPSK

Untuk mendapatkan Perhitungan teoritis probabilitas kesalahan Bit pada modulasi BPSK yang melalui kanal AWGN dapat menggunakan rumus sebagai berikut :[7]

$$P_e = Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right) \dots\dots\dots(3)$$

2.3 Amplitude Shift Keying (ASK)

ASK merupakan jenis modulasi digital yang paling sederhana, dimana sinyal *carrier* dimodulasi berdasarkan amplitude sinyal digital. Jenis modulasi ini menggunakan amplitude berbeda untuk menyatakan bit 1 dan 0. Modulasi *Amplitude Shift Keying* yang menggunakan kondisi hidup *on* dan kondisi mati *off* untuk menyatakan data 1 dan 0. Umumnya, kita membutuhkan dua buah sinyal $s_1(t)$ dan $s_2(t)$ untuk transmisi biner[9].

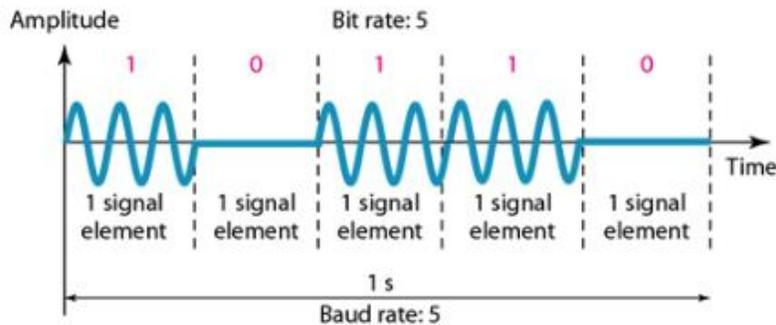
$$S_1(t) = A \sin(2\pi ft + \varphi) \text{ mewakili bit 1} \dots\dots\dots(4)$$

$$S_2(t) = 0 \text{ mewakili bit 0} \dots\dots\dots(5)$$

Keuntungan yang didapat dari metode ini adalah kecepatan digital lebih besar. Sedangkan kesulitannya adalah dalam menentukan level acuan yang dimilikinya, yakni setiap sinyal yang diteruskan melalui saluran transmisi jarak jauh selalu dipengaruhi oleh redaman dan distorsi lainnya akibat nilai level sinyal selalu berubah pada kanal transmisinya. Oleh sebab itu metode

ASK hanya menguntungkan bila dipakai untuk hubungan jarak dekat saja. Karena itu faktor derau atau gangguan juga harus diperhatikan dengan teliti[3].

ASK biasanya di implementasikan hanya menggunakan dua tingkat. Yaitu biner amplitudo shift keying atau On-Off Keying (OOK). Puncak amplituda satu tingkat sinyal 0, dan lainnya adalah amplituda frekuensi pembawa. Bentuk gelombang ASK ditunjukkan seperti pada gambar 2.2 berikut ini :



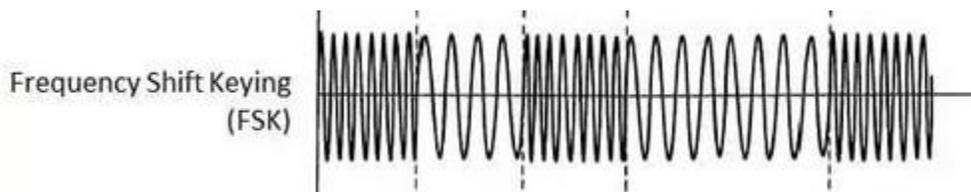
Gambar 2.2 Bentuk Sinyal Termodulasi ASK

Untuk menetapkan Perhitungan teoritis nilai BER dari ASK yang melalui kanal AWGN dapat menggunakan rumus sebagai berikut :[7]

$$P_e = Q \sqrt{\left(\frac{E_b}{N_0}\right)} \dots \dots \dots (6)$$

2.4 Frequency Shift Keying (FSK)

Frequency Shift Keying merupakan skema modulasi yang biasa digunakan untuk mengirim informasi digital dengan mengubah nilai nilai frekuensi pembawa dimana data ditransmisikan dengan menggese frekuensi pembawa kontinyu dengan cara biner ke satu atau yang lain dari dua frekuensi diskrit. Satu frekuensi ditetapkan sebagai frekuensi “mark” dan yang lainnya sebagai frekuensi “ruang”. Adapun bentuk gelombang FSK di gambarkan oleh gambar 2.3 berikut ini [3].



Gambar 2.3 Bentuk Sinyal Modulasi FSK

Pada FSK, dua buah sinyal sinusoidal dengan amplitude maksimum sama A_c , tetapi frekuensi berbeda, f_1 dan f_2 , digunakan untuk merepresentasikan biner 1 dan 0. Secara perhitungan dapat ditulis sebesar :

$$S_1(t) = AC \cos(2\pi f_1 t) \text{ mewakili bit 1} \dots\dots\dots(7)$$

$$S_2(t) = AC \cos(2\pi f_2 t) \text{ mewakili bit 0} \dots\dots\dots(8)$$

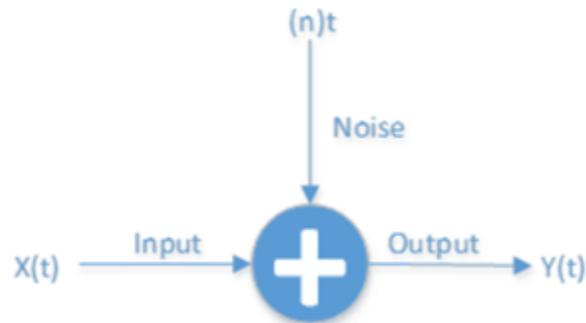
Modulasi FSK merupakan modulasi yang mempunyai kinerja yang lebih baik karena menggunakan sistem deteksi yang lebih sederhana dibandingkan dengan BPSK. Oleh karena itu penerapannya cukup luas pada sistem transmisi data. *Frequency Shift Keying relative* sederhana, dan memiliki bentuk penampakan gelombang yang konstan dari modulasi sudut yang sama terhadap frekuensi konvensional kecuali bahwa sinyal modulasinya adalah untaian pulsa biner yang bervariasi di antara dua level tegangan diskrit dibanding perubahan bentuk gelombang secara terus-menerus. Untuk menetapkan Perhitungan teoritis nilai probabilitas kesalahan bit dari FSK melalui kanal AWGN dapat menggunakan rumus sebagai berikut :[7]

$$P_e = Q \sqrt{\left(\frac{E_b}{N_0}\right)} \dots\dots\dots(9)$$

2.5 Addaptive White Gaussian Noise (AWGN)

Derau AWGN merupakan gangguan yang bersifat additive, white dan Gaussian. Sifat additive artinya derau yang dijumlahkan dengan sinyal, sifat white artinya derau tidak tergantung dari frekuensi operasi sistem dan memiliki rapat daya yang konstan, dan sifat Gaussian artinya besarnya tegangan derau memiliki rapat peluang terdistribusi Gaussian[4]. Biasanya white derau dihasilkan dalam simulasi dengan fungsi *rand*, sedangkan Gaussian derau dihasilkan dengan fungsi *randn* pada MATLAB.

AWGN merupakan tipe derau yang diberikan untuk menguji kemampuan sistem. AWGN mempunyai kerapatan spektral datar (*flat spectral density*) pada ranah frekuensi yang lebar. *Transmitter* mengirimkan informasi digital dengan menggunakan sinyal bentuk gelombang $s_m(t)$ dimana $m = 1,2 \dots M$ setiap bentuk gelombang ditransmisikan dengan simbol pada durasi interval waktu T[11].



Gambar 2.4 Proses Transmisi pada Kanal AWGN

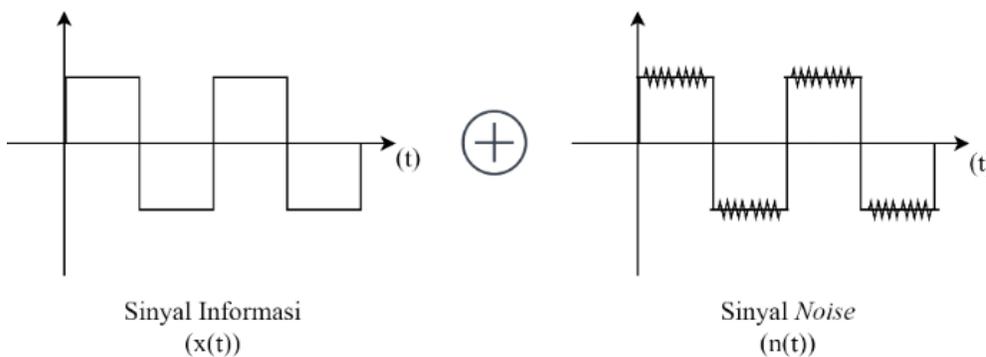
AWGN mempunyai distribusi derau dengan persamaan sebagai berikut:

$$y(t) = x(t) + n(t) \dots\dots\dots(10)$$

Dimana $y(t)$ merupakan sinyal yang diterima, $x(t)$ sinyal informasi dan $n(t)$ sinyal derau.

2.5.1 Additive Noise

AWGN memiliki sifat additive yang artinya sinyal informasi akan dikirim nantinya akan diberikan penambahan berupa derau. Sehingga sinyal informasi yang dikirimkan tidak sepenuhnya asli seperti yang dikirim pada *Transmitter*. Maka pada sisi penerima akan menerima sebuah sinyal informasi yang memiliki gangguan tetapi tetap masih memiliki sifat yang mendekati ideal.



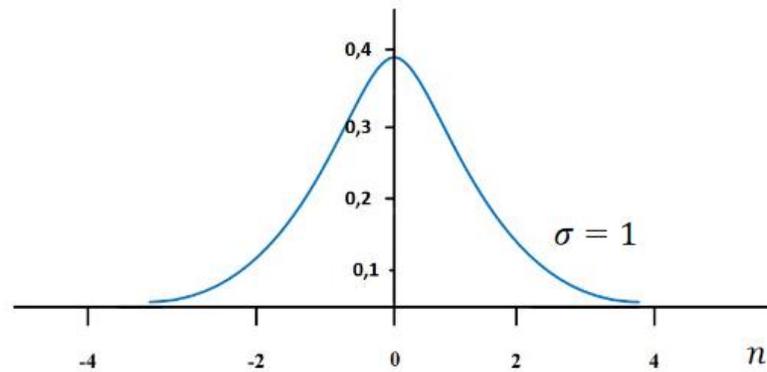
Gambar 2.5 Sifat additive derau

2.5.2 White Noise

Analisa gangguan sistem komunikasi biasanya didasarkan pada bentuk ideal dari gangguan yang disebut *white noise*, densitas spectral daya yang tidak bergantung pada frekuensi oprasi. White pada AWGN merupakan kata sifat yang memiliki makna bahwa cahaya putih mengandung jumlah yang sama dari semua frekuensi dalam pita yang terlihat dari radiasi elektromagnetik. Dengan sifat datar atau flat yang dimiliki oleh derau putih sehingga dapat menghasilkan *probability density function* (PDF) dengan rumun di bawah ini :

$$p(n) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left(-\frac{n^2}{2\sigma^2} \right) \dots\dots\dots(11)$$

Dari rumus teoritis di atas PDF akan menghasilkan bentuk grafik seperti gambar di bawah ini



Gambar 2.6 *Probability Density Function White Noise*

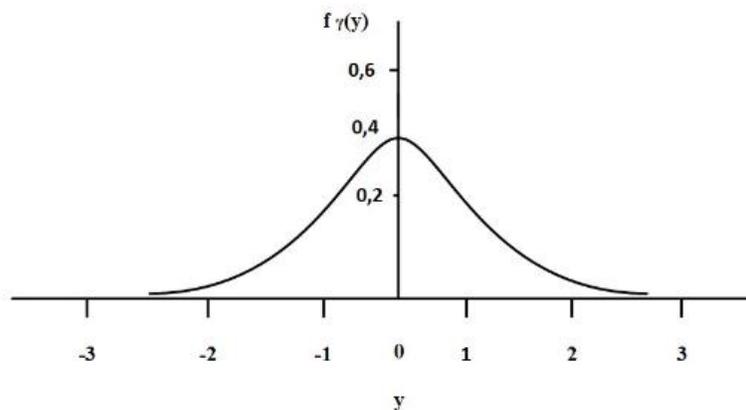
Kegunaan dari proses white derau yaitu sejajar dengan fungsi impuls atau fungsi delta dalam analisis sistem linear. Sama halnya seperti mengamati efek impuls yang setelah melewati suatu sistem dengan bandwidth terbatas, sehingga dengan white derau yang dapat memiliki pengaruh yang hanya diamati setelah melewati sistem yang sama. Oleh karena itu, selama bandwidth dari suatu proses derau pada input suatu sistem secara signifikan lebih besar daripada sistem itu sendiri maka dapat dimodelkan proses derau ini sebagai white derau.

2.5.3 Gaussian derau

Distribusi Gaussian memiliki persamaan untuk menghasilkan *probability density function* seperti pada rumus di bawah ini :

$$f_y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{y}{2}\right) \dots\dots\dots(12)$$

Dari rumus di atas akan menghasilkan grafik PDF yang akan terlihat pada gambar grafik di bawah ini



Gambar 2.7 Distribusi Normal Gaussian

Proses Gaussian memiliki dua kabajikan utama. Pertama, proses Gaussian memiliki banyak variable yang memungkinkan hasil analisis dan yang kedua distribusi yang dihasilkan secara acak oleh fenomena fisik sering terjadi seperti model Gaussian yang tepat. Sehingga sering terjadi fenomena fisik untuk model Gaussian yang sesuai, bersama dengan kemudahan proses Gaussian yang ditangani secara matematis, menjadikan proses Gaussian sangat penting dalam studi sistem komunikasi.

2.6 Bit Error Rate (BER)

Dalam teknologi komunikasi digital, bit error rate atau bit error ratio biasa disingkat dengan BER, merupakan sejumlah bit digital bernilai tinggi pada jaringan transmisi yang ditafsirkan sebagai keadaan rendah atau sebaliknya, kemudian dibagi dengan sejumlah bit yang diterima atau dikirim atau diproses selama beberapa periode yang telah ditetapkan[4].

E_b/N_0 adalah parameter yang biasa digunakan dalam komunikasi digital. Hal ini sangat berguna saat membandingkan performa BER untuk modulasi digital yang berbeda-beda tanpa menyertakan parameter pita frekuensi. Secara matematis BER dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :[11]

$$BER = \frac{\text{Banyak bit yang error}}{\text{Jumlah bit yang di kirim}} \dots\dots\dots(13)$$

E_b/N_0 (*energy per bit to noise power spectral density ratio*) merupakan parameter yang digunakan dalam komunikasi digital. Hal ini digunakan saat membandingkan kemampuan bit error rate (BER) untuk modulasi digital yang berbeda-beda[12].

2.7 Matlab

Matlab (*Matrix Laboratory*) dikembangkan oleh MathWorks yang pada awalnya dibuat untuk memberikan kemudahan mengakses data matrik pada proyek LINPACK dan EISPACK. Matlab adalah sebuah *software* programming yang bekerja dengan konsep Matrik dan memiliki pustaka fungsi matematika dan rekayasa serta fungsi visualisasi yang bervariasi baik 2D maupun 3D. Matlab mengintegrasikan komputasi, visualisasi, dan pemrograman dalam suatu model yang sangat mudah untuk dipakai dimana masalah-masalah dan penyelesaiannya diekspresikan dalam notasi matematika yang familiar. Matlab memberikan sistem interaktif yang menggunakan konsep array/matrik sebagai standar variabel elemennya tanpa membutuhkan pendeklarasian array seperti pada bahasa lainnya. Matlab tersusun dari 5 bagian

utama, yaitu: *development environment, Matlab mathematical function library, Matlab language, graphics, Matlab application program interface (API)*[11].

```

1 function ASK_FSK_PSK(msglen)
2 msglen=500;
3 n=msglen;
4 b=randint(1,n);
5 f1=1;f2=2;
6 t=0:1/30:1-1/30;
7 A1=1;
8 A0=0;
9 %ASK
10 sal=A1*sin(2*pi*f1*t);
11 E1=sum(sal.^2);
12 sal=sal/sqrt(E1); %unit energy
13 sa0=A0*sin(2*pi*f1*t);
14 %FSK
15 sf0=sin(2*pi*f1*t);
16 E=sum(sf0.^2);
17 sf0=sf0/sqrt(E);
18 sf1=sin(2*pi*f2*t);
19 E=sum(sf1.^2);
20 sf1=sf1/sqrt(E);
21 %PSK
22 sp0=-sin(2*pi*f1*t)/sqrt(E1);
23 spl=sin(2*pi*f1*t)/sqrt(E1);
24 %MODULATION
25 ask=[];psk=[];fsk=[];
26 for i=1:n

```

Gambar 2.8 Source Code GUI yang ada pada Matlab

2.7.1 Development Environment

Merupakan sekumpulan perangkat dan fasilitas yang dapat membantu untuk menggunakan fungsi-fungsi dan file-file MATLAB. Beberapa perangkat ini merupakan sebuah *Graphical User Interfaces (GUI)*. Termasuk di dalamnya adalah *MATLAB desktop* dan *Command window, command history*, sebuah editor dan debugger, dan *browsers* untuk melihat *help, workspace, files*, dan *search path*[13].

2.7.2 Matlab Mathematical Function Library

Merupakan sekumpulan algoritma komputasi mulai dari fungsi-fungsi dasar seperti: *sum, sin, cos*, dan *complex arithmetic*, sampai dengan fungsi-fungsi yang lebih kompleks seperti *matrix inverse, matrix eigenvalues, Bessel functions*, dan *fast Fourier transforms*.

2.7.3 Matlab Language

Merupakan suatu *high-levelmatrix/arraylanguage* dengan *control flow statements, functions, data structures, input/output*, dan *fitur-fitur object-oriented programming*. Ini memungkinkan untuk melakukan kedua hal baik "pemrograman dalam lingkup sederhana" untuk mendapatkan hasil yang cepat, dan "pemrograman dalam lingkup yang lebih besar" untuk memperoleh hasil dan aplikasi yang kompleks.

2.7.4 Graphics

MATLAB memiliki fasilitas untuk menampilkan vector dan matrices sebagai suatu grafik. Di dalamnya melibatkan high-level *functions* (fungsi-fungsi level tinggi) untuk visualisasi data dua dimensi dan data tiga dimensi, image processing, animation, dan presentation graphics.

2.7.5 Matlab Application Program Interface (API)

Merupakan suatu library yang memungkinkan program yang telah ditulis dalam bahasa C dan Fortran mampu berinteraksi dengan MATLAB. Ini melibatkan fasilitas untuk pemanggilan routines dari MATLAB (dynamic linking), pemanggilan MATLAB sebagai sebuah computational engine, dan untuk membaca dan menuliskan MAT-files.